

# METHOD AND CIRCUIT FOR MULTILEVEL DECODING

Publication number: JP2001127809 (A)

Publication date: 2001-05-11

Inventor(s): KANEKO ICHIRO

Applicant(s): NIPPON ELECTRIC CO

Classification:

- international: H03M13/25; H03M13/41; H04L1/00; H04L27/00; H04L27/38; H03M13/00; H04L1/00; H04L27/00; H04L27/38; (IPC1-7); H04L27/00; H03M13/25; H04L1/00; H04L27/38

- European:

Application number: JP19990303321 19991026

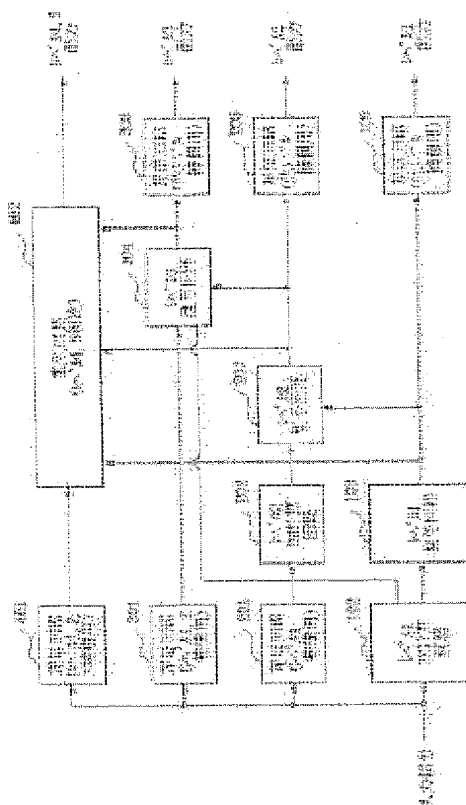
Priority number(s): JP19990303321 19991026

Also published as:

JP3414335 (B2)

## Abstract of JP 2001127809 (A)

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To reduce circuit scale and power consumption. **SOLUTION:** Concerning the received signal of 32QAM of a multilevel encoding modulation system, a level 1 BM calculating circuit 102 calculates the values of BM0 and BM1 of minimum square distances from respective identification points 0 and 1 among the identification points of level 1 corresponding to respective signal locations and a level 1 decoding circuit 103 decodes the level 1 on the basis of these BM values. Similarly, a level 2 is decoded by a level 2 BM calculating circuit 202 and a level 2 decoding circuit 203. Concerning a level 3, the location of the identification point is made similar to the identification point location of the level 1 so that the level 3 can be decoded by a level 3 decoding circuit 304 while substituting the BM value of the level 1 without calculating the BM value as level 3.; Thus, the BM of high level is calculated by substituting the BM calculated result of low level so that a BM calculating circuit for high level can be unnecessary.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-127809

(P2001-127809A)

(43) 公開日 平成13年5月11日 (2001.5.11)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	デマコト* (参考)
H 0 4 L 27/00		H 0 3 M 13/25	5 J 0 6 J
H 0 3 M 13/25		13/41	5 K 0 0 4
13/41		H 0 4 L 1/00	A 5 K 0 1 4
H 0 4 L 1/00		27/00	B
27/38			C

審査請求 有 請求項の数 6 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平11-303321

(22) 出願日 平成11年10月26日 (1999. 10. 26)

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 金子 一郎

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74) 代理人 100082935

弁理士 京本 直樹 (外2名)

Fターム(参考) 5J065 AC02 AD01 AE03 AF03 AG05

AH02 AH15 AH16

5K004 AA08 JA03 JD05 JE03 JH01

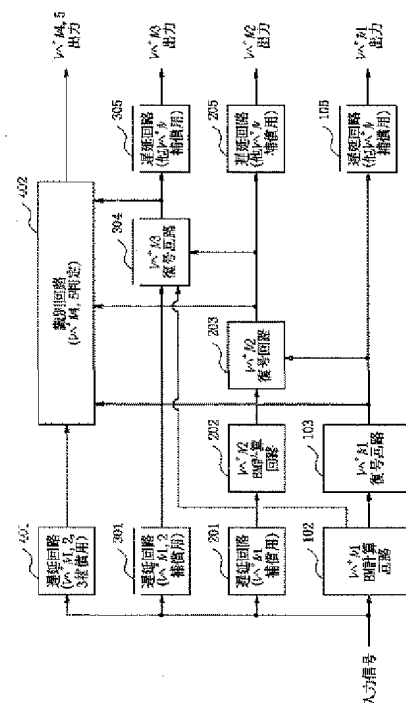
5K014 AA01 BA02 BA10 EA01 HA00

(54) 【発明の名称】 多レベル復号方法及び回路

(57) 【要約】

【課題】 回路規模及び消費電力を低減する。

【解決手段】 多レベル符号化変調方式の32QAMの受信信号に対し、レベル1 BM計算回路102で、各信号点配置に相当するレベル1の識別点のうち、0、1の各識別点からの最小自乗距離であるBM0、BM1の値を算出し、レベル1復号回路103で、これらBM値に基づきレベル1の復号を行う。同様に、レベル2 BM計算回路202及びレベル2復号回路203でレベル2の復号を行う。レベル3に関しては、識別点配置をレベル1の識別点配置と相似にしておくことにより、レベル3としてのBM値計算を行わず、レベル1のBM値を代用し、レベル3復号回路304でレベル3の復号を行う。このように、高レベルにおけるBM計算を低レベルのBM計算結果で代用することにより、高レベルのBM計算回路を不要にする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 多レベル符号化変調方式で符号化された信号を復号する多レベル復号方法において、高レベルの識別点配置を低レベルの信号点配置を含む識別点配置と相似にし、高レベルの復号における受信信号点の識別点からの距離に基づく確からしさを示すブランチメトリック値の計算を、低レベルの復号時のブランチメトリック値の計算結果で代用することで簡略化し、高レベル復号における距離計算を不要にしたことを特徴とする多レベル復号方法。

【請求項2】 奇数レベル同士の各識別点配置を相似とし、偶数レベル同士の各識別点配置を相似としたことを特徴とする請求項1記載の多レベル復号方法。

【請求項3】 パリティ符号化方式の高レベルにおいてパリティエラーを検出すると、パリティ対象の各信号点ごとの低レベルにおける0の識別点に対するブランチメトリック値と1の識別点に対するブランチメトリック値との差分を求め、前記差分が最小の信号点のデータにエラーがあるとして当該データのビット値を反転させることを特徴とする請求項1記載の多レベル復号方法。

【請求項4】 多レベル符号化変調方式で符号化された信号を復号する多レベル復号回路において、受信信号点の識別点からの距離に基づく確からしさを示すブランチメトリック値の計算を行うブランチメトリック計算手段として、低レベルの信号点配置を含む識別点配置に対応した低レベルのブランチメトリック値を計算し出力するとともに、この低レベルのブランチメトリック値を前記低レベルの信号点あるいは識別点配置と相似の高レベルの識別点配置に対応した高レベルのブランチメトリック値として代用可能に出力する低レベルのブランチメトリック計算手段のみを有し、高レベルのブランチメトリック計算手段を不要にしたことを特徴とする多レベル復号回路。

【請求項5】 受信信号点ごとに畳み込み符号による符号化がなされたレベル1における0の識別点に対するブランチメトリック値と1の識別点に対するブランチメトリック値とを計算するレベル1ブランチメトリック計算手段と、前記レベル1ブランチメトリック計算手段による計算結果を参照し畳み込み符号の復号を行うレベル1復号手段と、受信信号点ごとに畳み込み符号による符号化がなされたレベル2における0の識別点に対するブランチメトリック値と1の識別点に対するブランチメトリック値とを計算するレベル2ブランチメトリック計算手段と、前記レベル2ブランチメトリック計算手段による計算結果と前記レベル1復号手段によるレベル1の復号結果とを参照し畳み込み符号の復号を行うレベル2復号手段と、受信信号点ごとにパリティ符号による符号化がなされたレベル3の復号を前記レベル1ブランチメトリック計算手段によるレベル1のブランチメトリック値計算結果と前記レベル2復号手段によるレベル2の復号結

果とを参照しパリティ符号の復号を行うレベル3復号手段とを有することを特徴とする請求項4記載の多レベル復号回路。

【請求項6】 前記レベル3復号手段が、パリティエラーを検出すると、パリティ対象の各信号点ごとのレベル1における0の識別点に対するブランチメトリック値と1の識別点に対するブランチメトリック値との差分を求め、前記差分が最小の信号点のデータにエラーがあるとして当該データのビット値を反転させる誤り訂正回路を有することを特徴とする請求項5記載の多レベル復号回路。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は多レベル符号化変調方式で符号化された信号を復号する多レベル復号方法及び回路に関する。

## 【0002】

【従来の技術】信号点集合分割による符号化及びマッピングを一体化した符号化変調方式の一種として多レベル符号化変調方式 (Multi-Level Coded modulation: MLCM) が用いられている。

【0003】信号点集合分割とは、信号点の集合を各々の集合内の信号点間の最小距離が元の集合に比べ拡大していくように2つの部分集合に分けることであり、部分集合内の信号点の数が1個になるまで繰り返す行うことが可能である。

【0004】16値直交振幅変調 (16QAM) の信号点集合分割の例を図5に示す。図5において、全体集合Aはそれぞれ4ビットの異なるデータに対応した16個の信号点 (黒丸表示) からなり、最小信号点間距離はdである。

【0005】まず第1段階 (レベル1) として、この全体集合Aを、それぞれ8個の信号点からなる二つの部分集合B0及びB1に分割する。レベル1の信号値 (ビット値) “0” が部分集合B0に、レベル1の信号値 “1” が部分集合B1に対応する。各部分集合B0、B1の最小信号点間距離は $[\sqrt{2}] \times d$ となる。

【0006】次に第2段階 (レベル2) として、レベル1の信号値に応じて上記の部分集合B0あるいは部分集合B1のいずれかを選択し、それぞれ4個の信号点からなる二つの部分集合C0及びC2あるいは部分集合C1及びC3に分割する。このとき、レベル2の信号値 “0” が部分集合C0あるいはC1に、レベル2の信号値 “1” が部分集合C2あるいはC3に対応する。各部分集合C0、C1、C2、C3の最小信号点間距離は $2 \times d$ となる。

【0007】以下同様に、第3段階 (レベル3) として、レベル2の信号値に応じて上記の部分集合C0～C3のいずれかを選択し、それぞれ2個の信号点からなる

二つの部分集合D 0及びD 4, … (図示省略) …, D 3及びD 7のいずれかに分割し、第4段階 (レベル4) として、レベル3の信号値に応じて上記の部分集合D 0～D 7のいずれかを選択し、それぞれ1個の信号点からなる二つの部分集合E 0及びE 8, … (図示省略) …, E 7及びE 15のいずれかに分割する。そして、レベル4の信号値に応じて部分集合E 0～E 15のいずれか1つが選択される。

【0008】このようにして選択された各部分集合E 0～E 15 (信号点) は、4ビットデータの各組合せ (0 000, 1 000, …, 0 111, 1 111) に対応する。すなわち、4ビットデータの下位から1桁目～4桁目のビット値はそれぞれ、レベル1～4の信号値にそれぞれ対応している。

【0009】このような技術を用いた多レベル符号化変調方式では、各レベル1～4ごとに、最小信号点間距離が異なり信号点識別能力が異なるため、それぞれ伝送効率を考慮した冗長度の異なる符号化方式を採用することができる。また、各レベルの動作スピードもトレリスコード等の一括符号化に比べると動作スピードが低いというメリットがある。

【0010】次に、上述した多レベル符号化変調方式で変調された信号を復調する従来の多レベル復号回路を図面を参照して説明する。

【0011】図8は、32QAMの多レベル復号回路の従来例を示すブロック図である。レベル1の復号回路はレベル1 BM計算回路102, レベル1復号回路103, 及び遅延回路105で構成され、レベル2の復号回路は遅延回路201の後段から同様にレベル2 BM計算回路202, レベル2復号回路203, 及び遅延回路205で構成されている。レベル3に関してもレベル2と同様に、遅延回路301, レベル3 BM計算回路302, レベル3復号回路303, 及び遅延回路305で構成されている。

【0012】各レベル1, 2, 3ごとにそれぞれ専用のBM計算回路102, 202, 302にて、該当レベルにおける受信信号点の“0”及び“1”の各識別点までの信号点距離 (自乗距離) を算出し、確からしさ (BM: ブランチメトリック) として復号回路103, 203, 303へそれぞれ出力している。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】上述した従来の多レベル復号回路では、各レベルにて別々のBM計算回路を有するために回路規模が大きく、ハードウェアをLSI等で構成する際に消費電力が大きいという問題を持っていた。

【0014】本発明の目的は、識別点レベルの特質を利用して高次レベルの信号距離計算を簡略化することにより、従来技術に比して回路規模や消費電力が低減可能な多レベル復号方法及び回路を提供することにある。

【0015】

【課題を解決するための手段】本発明の請求項1に係る多レベル復号方法は、多レベル符号化変調方式で符号化された信号を復号する多レベル復号方法において、高レベルの識別点配置を低レベルの信号点配置を含む識別点配置と相似にし、高レベルの復号における受信信号点の識別点からの距離に基づく確からしさを示すブランチメトリック値の計算を、低レベルの復号時のブランチメトリック値の計算結果で代用することで簡略化し、高レベル復号における距離計算を不要にしたことを特徴とする。

【0016】本発明の請求項2に係る多レベル復号方法は、請求項1に係る多レベル復号方法において、奇数レベル同士の各識別点配置を相似とし、偶数レベル同士の各識別点配置を相似としたことを特徴とする。

【0017】本発明の請求項3に係る多レベル復号方法は、請求項1に係る多レベル復号方法において、パリティ符号化方式の高レベルにおいてパリティエラーを検出すると、パリティ対象の各信号点ごとの低レベルにおける0の識別点に対するブランチメトリック値と1の識別点に対するブランチメトリック値との差分を求め、前記差分が最小の信号点のデータにエラーがあるとして当該データのビット値を反転させることを特徴とする。

【0018】本発明の請求項4に係る多レベル復号回路は、多レベル符号化変調方式で符号化された信号を復号する多レベル復号回路において、受信信号点の識別点からの距離に基づく確からしさを示すブランチメトリック値の計算を行うブランチメトリック計算手段として、低レベルの信号点配置を含む識別点配置に対応した低レベルのブランチメトリック値を計算し出力するとともに、この低レベルのブランチメトリック値を前記低レベルの信号点あるいは識別点配置と相似の高レベルの識別点配置に対応した高レベルのブランチメトリック値として代用可能に出力する低レベルのブランチメトリック計算手段のみを有し、高レベルのブランチメトリック計算手段を不要にしたことを特徴とする。

【0019】本発明の請求項5に係る多レベル復号回路は、請求項4に係る多レベル復号回路において、受信信号点ごとに畳み込み符号による符号化がなされたレベル1における0の識別点に対するブランチメトリック値と1の識別点に対するブランチメトリック値とを計算するレベル1ブランチメトリック計算手段と、前記レベル1ブランチメトリック計算手段による計算結果を参照し畳み込み符号の復号を行うレベル1復号手段と、受信信号点ごとに畳み込み符号による符号化がなされたレベル2における0の識別点に対するブランチメトリック値と1の識別点に対するブランチメトリック値とを計算するレベル2ブランチメトリック計算手段と、前記レベル2ブランチメトリック計算手段による計算結果と前記レベル1復号手段によるレベル1の復号結果とを参照し畳み込

み符号の復号を行うレベル2復号手段と、受信信号点ごとにパリティ符号による符号化がなされたレベル3の復号を前記レベル1ブランチメトリック計算手段によるレベル1のブランチメトリック値計算結果と前記レベル2復号手段によるレベル2の復号結果とを参照しパリティ符号の復号を行うレベル3復号手段とを有する。

【0020】本発明の請求項6に係る多レベル復号回路は、請求項5に係る多レベル復号回路において、前記レベル3復号手段が、パリティエラーを検出すると、パリティ対象の各信号点ごとのレベル1における0の識別点に対するブランチメトリック値と1の識別点に対するブランチメトリック値との差分を求め、前記差分が最小の信号点のデータにエラーがあるとして当該データのビット値を反転させる誤り訂正回路を有する。

【0021】

【発明の実施の形態】まず本発明の概要を説明する。本発明は、多レベル符号化変調方式で符号化された信号を復号する多レベル復号回路において、低レベルの信号点配置（マッピング）と高レベルの識別点配置を相似にすることにより、高レベルの復号におけるブランチメトリック計算を低レベルの復号時のブランチメトリック計算結果を代用することで簡略化し、高レベル復号における距離計算を不要にしている。

【0022】後に詳細に説明するが、図2に示すように、受信信号点がS1の位置に来ると仮定したとき、多レベル復号におけるレベル1の識別点P1までの距離a、bと多レベル復号におけるレベル3の識別点P3迄の距離A、Bは相似関係にある。よって多レベル復号回路におけるブランチメトリック値（受信信号点の識別点からの距離に基づく、受信信号の確からしさを示すパラメータ）の計算に関して、レベル3のブランチメトリック計算をレベル1のブランチメトリック結果を用いて簡略化することが可能である。

【0023】これにより、多レベル復号回路におけるブランチメトリック計算回路を削減し、ひいては当該回路を電子回路で構成する場合の回路規模の削減、消費電力低減を行うことができる効果を有する。

【0024】次に、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

【0025】図1は本発明の多レベル復号回路の一実施形態を示すブロック構成図であり、レベル1～レベル3までが冗長符号化されている（レベル4、5は非冗長）32QAM（直交振幅変調）信号の信号点集合分割による復号に適用した例を示す。

【0026】ここで、レベル1、2はそれぞれ畳み込み符号、レベル3はパリティ符号を用いているものとする。一般的に、多レベル変調方式は、信号点距離が小さく復号時の識別に誤りが生じ易い低レベルに冗長度の高い符号を用い、信号点距離が大きく復号時の識別に誤りが生じ難い高レベルは冗長度の低い符号化を行うか、判

定識別するだけの構成とする。ここでは、各レベルにおける（情報ビット数）／（情報＋冗長ビット数）は、レベル1及び2＝4／6、レベル3＝5／6、レベル4及び5＝6／6となっているものとする。

【0027】図1において本例の多レベル復号回路は、レベル1の復号回路として、入力に接続されたレベル1 BM計算回路102、レベル1 BM計算回路102の出力に接続されたレベル1復号回路103、及びレベル1復号回路103の出力に接続された遅延回路105を、レベル2の復号回路として、入力に接続された遅延回路201、遅延回路201の出力に接続されたレベル2 BM計算回路202、レベル2 BM計算回路202の出力に接続されたレベル2復号回路203、及びレベル2復号回路203の出力に接続された遅延回路205を、レベル3の復号回路として、入力に接続された遅延回路301、遅延回路301の出力に接続されたレベル3復号回路304、及びレベル3復号回路304の出力に接続された遅延回路305を、レベル4及び5の復号回路として、入力に接続された遅延回路401、及び遅延回路401の出力に接続された識別回路402を有している。

【0028】また、レベル2復号回路203はレベル1復号回路103の出力を参照し、レベル3復号回路304はレベル1 BM計算回路102、及びレベル2復号回路203の出力を参照し、識別回路402はレベル1復号回路103、レベル2復号回路203、及びレベル3復号回路304の出力を参照する。

【0029】レベル1 BM計算回路102は、レベル1におけるブランチメトリック（以下BMと省略する）計算回路であり、受信信号点に基づいて識別点（データ（ビット値）の“0”、“1”の判定基準点）からの信号距離を求め、その値に基づいて受信信号点の各識別点に対する確からしさを表すBM値を求める。

【0030】ブランチメトリックの計算例を、32QAM変復調方式の信号点配置に基づく識別点の配置を示す図2を用いて説明する。

【0031】図2において、レベル1の識別点をP1、レベル2の識別点をP2、レベル3の識別点をP3、レベル4の識別点をP4として示す（レベル2とレベル4の識別点は図中受信信号点S1の周りのもののみを示す）。レベル1の識別点P1は、32QAMの各信号点位置に相当し、“0”の識別点と“1”の識別点が交互に並んでいる。レベル2の識別点P2は、レベル1の識別点P1同士を1つおきに斜めに結んでできる各領域の中心位置に相当し、“0”の識別点と“1”の識別点が交互に並んでおり、識別点間距離がレベル1の識別点P1のその2の平方根倍となっている。レベル3の識別点P3は、レベル1の識別点P1の相似形で距離が2倍となっている。同様に、レベル4の識別点P4は、レベル2の識別点P2の相似形で距離が2倍となっている。

【0032】受信信号点の識別点に対する確からしさを計算するために、この例では識別点よりも更に2レベル低い（デジタル的に2bit高精度の）識別を行う処理（軟判定）が行われる。すなわち、32QAM信号点の信号点間を $2^2=4$ 等分に分割し、分割されたます目の精度で受信信号点が識別される。

レベル1識別点が“0”（P1-1）迄の距離： $a^2 = 1.5d^2 + 1.5d^2 = 3d^2$

【0035】

【数2】

レベル1識別点が“1”（P1-2）迄の距離： $b^2 = 2.5d^2 + 1.5d^2 = 4d^2$

【0036】上記信号点距離はレベル1の“0”または“1”の各識別点に対する確からしさ、すなわちBM値

として算出され、次のように表わされる。

BM0（レベル1の“0”に対するブランチメトリック）= $a^2$

【数3】

【数4】

BM1（レベル1の“1”に対するブランチメトリック）= $b^2$

【0037】このようにして求められたa、bの値が小さいほど識別点、すなわち“0”または“1”の識別結果に対する確からしさが高いと言える。

【0038】図1にてレベル1BM計算回路102は、上記BM0、BM1の値を出力する。レベル1復号回路103は、レベル1BM計算回路102の出力のBM値に基づき、レベル1の復号動作を行う。

【0039】多レベル復号回路では低レベル（信号点距離の小さいレベル）の復号器で比較的符号化率の大きい畳み込み符号を用いることが一般的で、畳み込み符号の復号にはACS回路（多数決回路）とバスメモリ回路から構成されるビタビ復号器を用いて、最も確からしい受信信号点を選択し、最も確からしい状態遷移（時系列的に特定経路をたどる遷移）を逐次算出しながら復号を行う。なお、ビタビ復号に関しては公知の技術なので、その詳細説明は省略する。

【0040】レベル1復号回路103の出力は他のレベルの遅延時間と遅延時間を合わせるために遅延回路105に入力され、レベル1の出力として次段に出力される。

【0041】またレベル2においては、入力信号がレベ

レベル3識別点が“0”（P3-1）迄の距離： $A^2 = 3.5d^2 + 3.5d^2 = 7d^2$

【0047】

【数6】

レベル3識別点が“1”（P3-2）迄の距離： $B^2 = 4.5d^2 + 3.5d^2 = 8d^2$

【0048】レベル3でBM計算を実施した結果は、 $A^2 : B^2 = 7 : 8$ で、レベル1でBM計算を実施した結果は、 $a^2 : b^2 = 3 : 4$ で、ほぼ等しい結果が得られる。

【0049】なお、信号点S1に対するレベル1識別点とレベル3識別点は、図2のような配置になっており相似な関係にあるので、a、bの大小関係とA、Bの大小

【0033】例えば、受信信号点をS1としたときにレベル1の識別点P1までの最小の信号点距離（自乗距離）は、最小識別点の間隔をdとすると、次のようになる。

【0034】

【数1】

ル1の処理の遅延補償用に遅延回路201にて遅延され、レベル1と同様な処理で、レベル2に対するBMの計算をレベル2BM計算回路202にて実施する。

【0042】レベル2復号回路203では、レベル1復号回路102と同様な処理でレベル2が復号される。このときレベル1の復号結果は既知なので、レベル2復号回路はレベル1の復号結果を用いた上でレベル2の復号を実施する。

【0043】遅延回路205では他レベルと遅延時間を合わせた上でレベル2の出力が次段に出力される。

【0044】レベル3においても、レベル2と同様に遅延回路301にて遅延時間をレベル2の遅延時間に合わせる。ただし、レベル3では遅延回路301の出力によりレベル3のBM計算は行わずに、その出力はレベル3復号回路304に入力され、レベル1のBM計算の結果を用いてレベル3の復号を実施する。

【0045】再び図2にて、受信信号点S1のレベル3の識別点P3迄の距離を考える（dは最小識別点の距離）。

【0046】

【数5】

関係が変わることは無い。レベル3のBM値の比較は、相対値の比較で確からしさの大小が決定するので、レベル3のBM値をレベル1のBM値で代用することが可能である。

【0050】また、入力信号点がS2の位置に来た場合は、入力信号の信号点上の座標に応じて、レベル3のB

MO=レベル1のBM1、レベル3のBM1=レベル1のBM0のように置き換えを実施すれば、正しいBM値が求められる。

【0051】レベル3ではパリティ符号による復号を行うが、そのパリティ復号の動作を以下に簡単に説明する。なお、パリティ復号に関しても既知の技術なので詳細な説明は省略する。

【0052】図3は、レベル3の誤り訂正回路の構成例であり、レベル3復号回路304に内蔵されている。図3において、本例の誤り訂正回路は、識別点までの距離による識別結果（硬判定）が遅延回路311を介して入力され、パリティエラー検出回路312と加算回路313とに別々の遅延時間で出力される。パリティエラー検出回路312はパリティエラーを検出すると誤り訂正回路316に通知する。比較回路314とBM差分最小値検出回路315とは、フレームパルスに同期して動作し、BM差分データを入力し、BM差分が最小となるタイムスロット（データ位置）を検出する。誤り訂正回路316は、パリティエラー検出回路312からパリティエラーの検出を通知されると、BM差分が最小となる位置のデータを加算回路313を制御して反転させる。

【0053】次に、1フレームが5ビットデータ+パリティビット、計6ビットの符号化データの復号及び誤り訂正を行う場合を例に、データの処理タイミングを示す図4を参照して、このレベル3誤り訂正回路の動作を説

$$\begin{aligned} &|\text{レベル3のBM0}-\text{レベル3のBM1}| \approx |\text{レベル1のBM1}-\text{レベル1の} \\ &\text{BM0}| = |\text{レベル1のBM0}-\text{レベル1のBM1}| \\ &(\text{ここで、}|X| \text{は} X \text{の絶対値を表す}) \end{aligned}$$

【0058】なお、レベル3の復号回路出力はレベル1、2と同様に遅延回路305にて他レベルと同様の遅延時間に調整されて出力される。

【0059】レベル4、レベル5に関しては、他レベルと同様に遅延回路401で遅延時間の調整が行われ、識別回路402にてレベル1からレベル3迄の復号結果を基にレベル4、5の識別結果が出力される。このレベル4、5の識別処理を図6、図7を参照して説明する。

【0060】図6は、32QAMの各信号点に対するレベル1～レベル5それぞれの2進値（ $\square$ 内は8進値）の割り当て例を示す。識別回路402は、下位3レベル（レベル1～レベル3）の復号結果（2進000～111：8進0～7）に応じて、図7の各分図（A）～（H）に示すような領域分けに従って上位2レベル（レベル4、5）の値（2進00～11：8進0～3）を同時に判定する。

【0061】次に、本発明の他の実施の形態について説明する。

【0062】前述の実施形態例では、レベル3のBM計算をレベル1のBM出力で代用可能なことを示したが、例えばレベル4も冗長符号化を行いレベル4の復号を実

明する。

【0054】送信側では5ビットのデータに対して1ビットのパリティが付与され、5ビットデータ（A1～A5、B1～B5）の2値の加算結果をパリティビット（A6、B6）として付与する。受信側ではBM0とBM1の差分を1ビットごと（a1～a5、b1～b5）に比較し、5ビット中のBMの差分が最小になるビット位置を検出する（図4の（2）、（3）の処理）。

【0055】また、5ビットデータの2値加算（パリティ演算）を実施し、パリティビットと一致していれば（B1～B6の組）、エラーは発生していないものとして処理しないが、パリティビットと相違するとき（エラー有り：A1～A6の組）は、BM0とBM1の差分が最も小さい箇所（A3の位置）が最も受信信号として疑わしいと判断し、そのビットを反転する（図4の（5）の処理）。

【0056】このパリティ符号による復号に関してはBM値の差分が求めれば復号操作が実施できるので、例えば信号点が前述のS2の位置に来てレベル1とレベル3の識別点配置が異なる場合でも、BMの差分としては変わりが無く、次式に示すように、レベル1のBM値がそのまま使用できることが確認されている。

【0057】

【数7】

施する場合は、同様にBM計算をレベル2のBM計算結果で代用可能である。図2に示す例では、レベル2の識別点とレベル4の識別点は、前述のレベル1とレベル3の識別点の関係と同様であり、レベル4のBM計算にレベル2のBM計算結果を流用することが可能である。

【0063】このように、識別点の関係が相似配置であれば、低レベルの復号時に計算するBM値を高レベルの復号時のBMとして流用することが可能である。

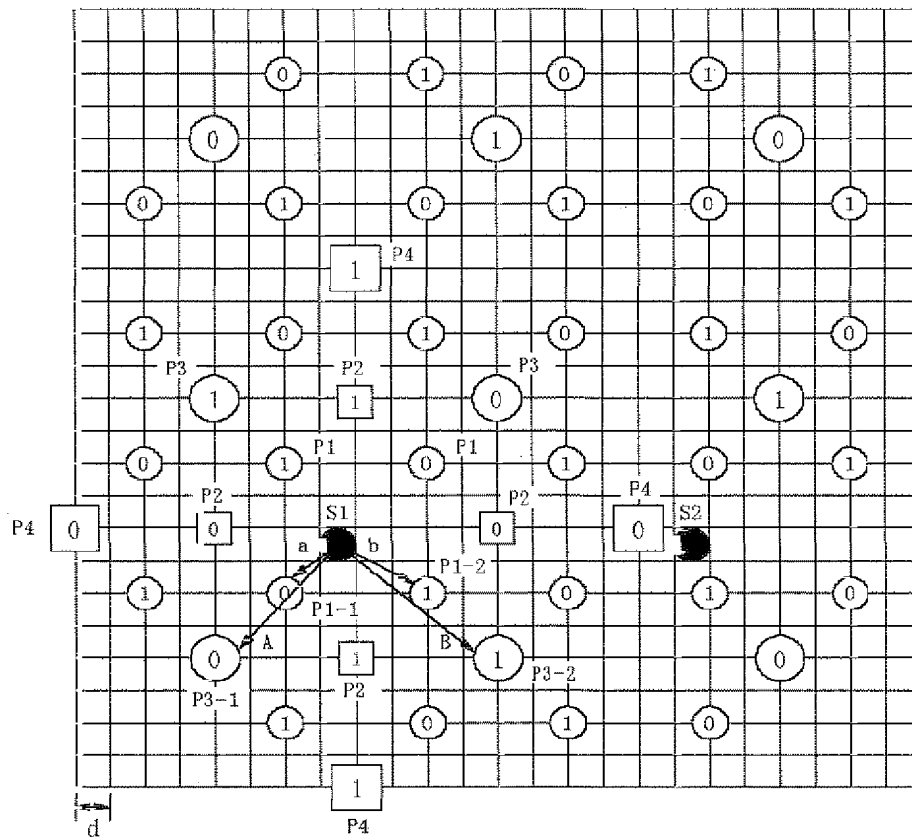
【0064】

【発明の効果】本発明によれば、高レベル（レベル3、レベル4）の識別点配置を低レベル（レベル1、レベル2）の識別点配置（信号点配置：マッピング）と相似にし、高レベルの復号におけるブランチメトリック（BM）計算を低レベルの復号時のBM計算結果で代用することにより、高レベルの復号において当該レベルのBMを計算することなく復号が実施できるので、LSI等でハードウェアを構成する場合に、回路規模を小さくし、かつ、消費電力を低減することができる。また、高レベルの符号化がパリティ符号の場合、低レベルのBM出力結果をそのまま使用することが可能で、顕著な回路削減効果を有する。





【図2】



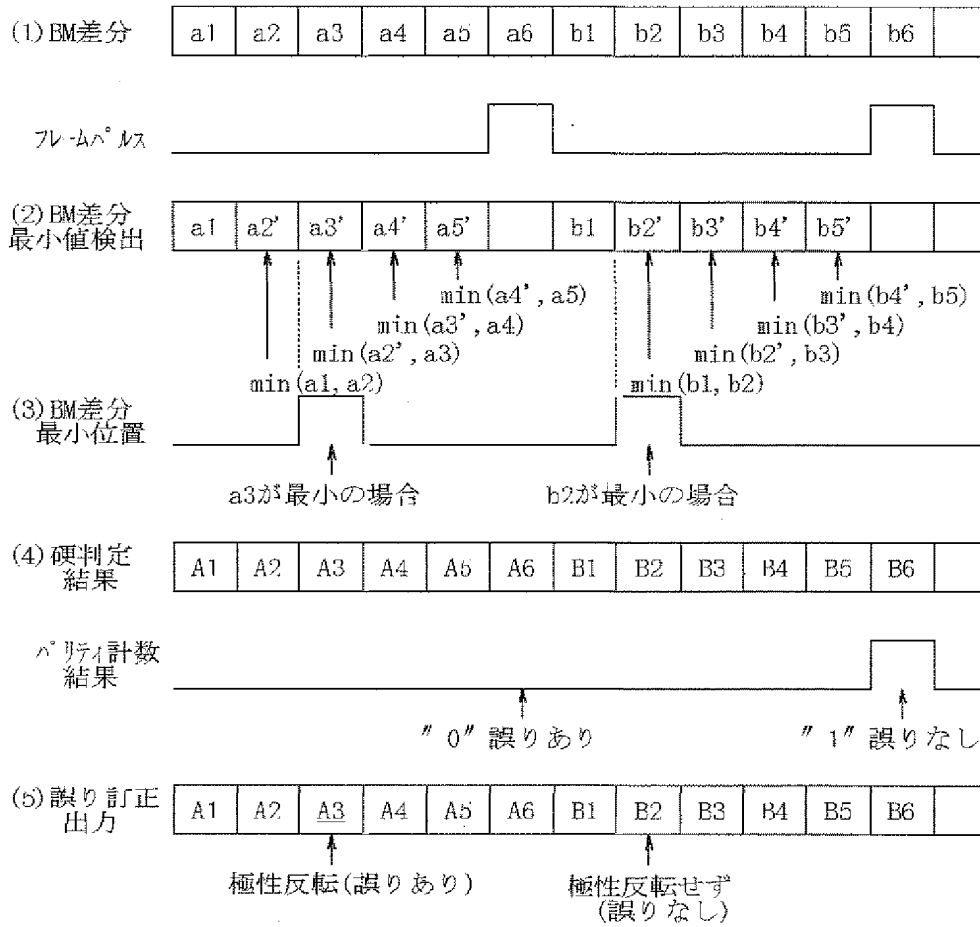
$\left. \begin{array}{c} \textcircled{0} \\ \textcircled{1} \end{array} \right\} P1 : \sqrt{E_s} M1 \text{識別点 (32QAM信号点)}$

$\left. \begin{array}{c} \boxed{0} \\ \boxed{1} \end{array} \right\} P2 : \sqrt{E_s} M2 \text{識別点}$

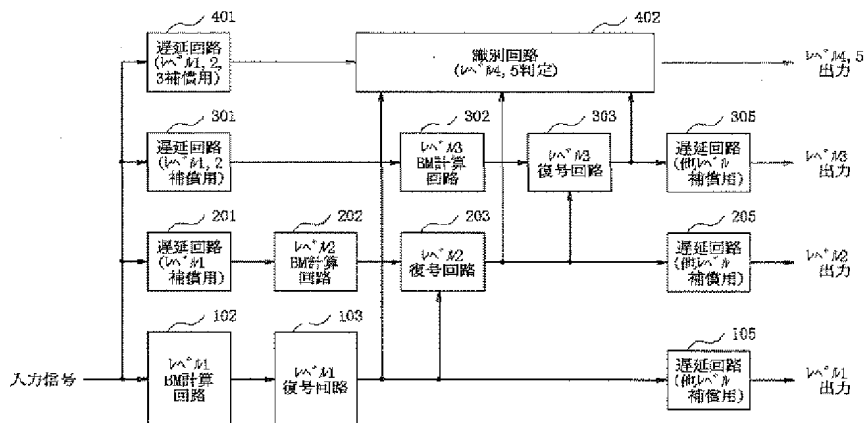
$\left. \begin{array}{c} \textcircled{0} \\ \textcircled{1} \end{array} \right\} P3 : \sqrt{E_s} M3 \text{識別点}$

$\left. \begin{array}{c} \boxed{0} \\ \boxed{1} \end{array} \right\} P4 : \sqrt{E_s} M4 \text{識別点}$

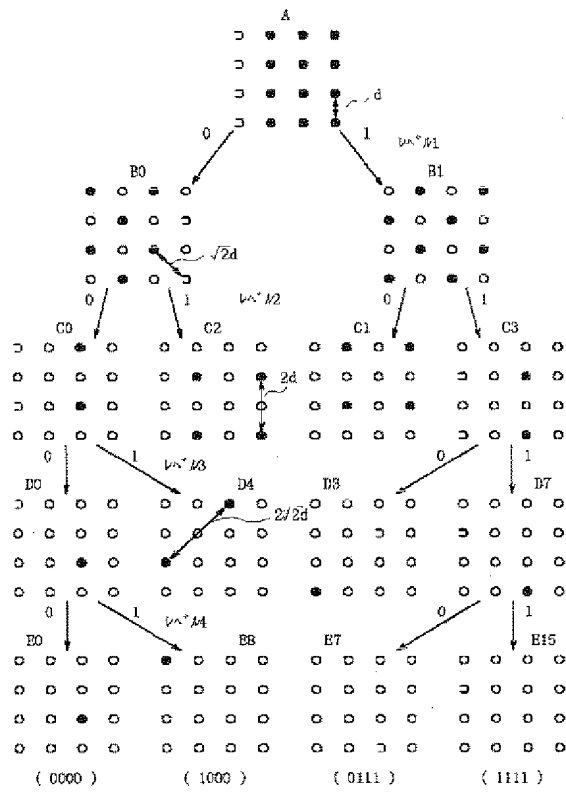
【図4】



【図8】



【図5】



【図7】

